

ИЗНОСОУСТОЙЧИВОСТ НА КАРБИДО-БЕЙНИТНИ СФЕРОГРАФИТНИ ЧУГУНИ

WEAR-RESISTANCE OF CARBIDIC AUSTEMPERED DUCTILE IRON

доц. д-р Г. Рашев
ТУ-Габрово

доц. д-р И. Ангелов
ТУ-Габрово

ас. В. Тодоров
ТУ-Габрово

Abstract

The results from a three-factor research of the Carbodic Austempered Ductile Iron – CADI wear-resistance have been specified in the article. A mathematical model for influence of the following parameters: pressure, time of wear and temperature of isothermal tempering on the wear at dry friction has been obtained.

Keywords: Carbodic Austempered Ductile Iron; wear-resistance; three-factor research.

ВЪВЕДЕНИЕ

Непрекъснатото развитие на общото и специално машиностроене поставя пред леярската индустрия все по нарастващи изисквания към технологическите и експлоатационни качества на отливките. Това се дължи на постоянно повишаващите се фактори по отношение на качество, срок на експлоатация и себестойност, във условията на пазарна икономика и постоянно нарастваща конкуренция. Потребностите от детайли, работещи в разнообразните условия на абразивно износване нарастват непрекъснато, както у нас така и в световен мащаб.

Използването на автоматизирани машини и съоръжения, с постоянно повишаващи се мощности, в различните отрасли на машиностроенето, транспорта, минната промишленост и др. за раздробяване, смилане, смесване и транспортиране на абразивни материали изисква и оправдават нуждата от използването на нови високоефективни материали. Повишените критерии за качество, срок на експлоатация, намаляване на времето за ремонт и подмяна, поставят все по-високи изисквания към производителите, по отношение удължаване срока на експлоатация.

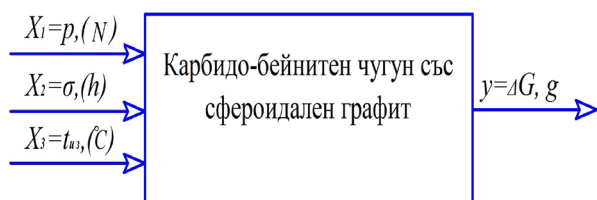
Особено привлекателни за работа в условията на високи контактни натоварвания и абразивни среди са изотермично закалените чугуни със сфероидален графит с карбидо-бейнитна структура на металната основа т.н. „CADI” чугуни [1].

Основното предназначение на CADI е за сметка на определено понижение на жилавостта на чугуна, осигуряване на висока износоустойчивост в условията на триене и абразивен износ.

Целта на настоящия доклад е на базата на експериментални изследвания да се получи математичен модел за износоустойчивостта на карбидо-бейнитен чугуни със сфероидален графит, притежаващ бейнито-аустенитна метална матрица и определено количество на карбидна фаза.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За провеждане на изследването е използвана установка за ускорено изпитване на износване. Проведен е експеримент включващ трифакторно изследване на износоустойчивостта за карбидо-бейнитния чугун – фиг.1.



Фиг. 1. Трифакторна информационна схема за изследване

Процеса е реализиран с помощта на триеща двойка чугун (изотермично закален карбидо-бейнитен сферографитен чугун – CAD1) по стомана (марка Р6М5 с твърдост 65HRC). За моделиране на процеса са приети за входни фактори: повърхностното натоварване – $p_{п.н.}$, N; време на износване – $\tau_{изн.}$, h и температура на изотермично закаляване – $t_{из.}$. За изходен параметър е следено - изменението на теглото - ΔG , g.

Тъй като еднофакторните зависимости $\Delta G=f(p_{п.н.})$, $\Delta G=f(\tau_{изн.})$ и $\Delta G=f(t_{из.})$ в изследвания интервал на факторите имат линеен характер и са унимодални, това дава основание да се избере пълен факторен експеримент от типа 2^3 , което изисква $N = 2^3 = 8$ технологични режима с различна комбинация от факторите [2, 3] – табл.1.

Таблица 1. Разширена матрица на плана

№	Планове в кодов вид			Планове в натурален вид			Износване		
	x_1	x_2	x_3	p, N	$\tau_{изн.}, h$	$t_{из.}, ^\circ C$	G_1, g	G_2, g	$\Delta G, g$
1	+	+	+	47	6	400	47,4944	46,9541	0,5403
2	-	+	+	24	6	400	47,5722	47,4944	0,0778
3	+	-	+	47	3	400	46,9541	46,5843	0,3698
4	-	-	+	24	3	400	47,7463	47,6601	0,0862
5	+	+	-	47	6	300	46,5927	46,2104	0,3823
6	-	+	-	24	6	300	46,6559	46,5927	0,0632
7	+	-	-	47	3	300	46,2104	45,9071	0,3033
8	-	-	-	24	3	300	46,8261	46,7525	0,0736

Определяне на нивата на изменения на факторите

Връзката между кодираните X_1 и натуралните X_i стойности се осъществява чрез съотношението:

$$x_1 = \frac{x_1 - X_{10}}{\Delta X_1}; x_2 = \frac{x_2 - X_{20}}{\Delta X_2}; x_3 = \frac{x_3 - X_{30}}{\Delta X_3} \quad (1)$$

Минималните стойности на факторите X_{1min} и X_{2min} се избират от условието на сработване на триещата се двойка и настъпване на топлинен баланс между образца и диска, а X_{3min} – за гарантиране на високи якостни показатели.

Максималната стойност на факторите X_{1max} и X_{2max} се избират от условието – налягането да не превишава стойности водещи до задиране на триещите се двойки и температурата да не надвиши най-ниската температура на изотермично закаляване. Максималната стойност на X_{3max} (температура на изотермично закаляване) е избрана в съответствие за получаване на рационален комплекс от якост, пластичност и жилавост. Нивата на изменение на изследваните фактори са посочени в табл.2.

Таблица 2. Нива на изменение на факторите

Нива		Фактори		
		x_1 $p_{п.н.}, N$	x_2 $\tau_{изн.}, h$	x_3 $t_{из.}, ^\circ C$
Основни нива	$X_{1,0}$	X_{10}	X_{20}	X_{30}
		35.5	4.5	350
Инт. на изменение	ΔX_i	ΔX_1	ΔX_2	ΔX_3
		11.5	1.5	50
Горно ниво	$x_i = +1$	ΔX_{1max}	ΔX_{2max}	ΔX_{3max}
		47	6	400
Долно ниво	$x_i = -1$	ΔX_{1min}	ΔX_{2min}	ΔX_{3min}
		24	3	300

Определяне на коефициентите на модела

Получения модел за влиянието на изследваните фактори върху износоустойчивостта на чугуна в кодиран вид е:

$$\Delta G = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 \quad (2)$$

където:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N y_u = \frac{1}{8} (y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + \dots + y_8) =$$

$$= \frac{1}{8} (0.5403 + 0.0778 + 0.3695 + 0.0862 + 0.3823 + 0.0632 + 0.3033 + 0.0736) = 0.237 \quad (3)$$

$$b_1 = \frac{1}{8} (0.5403 - 0.0778 + 0.3695 - 0.0862 + 0.3823 - 0.0632 + 0.3033 - 0.0736) = 0.161 \quad (4)$$

$$b_2 = \frac{1}{8} (0.5403 + 0.0778 - 0.3695 - 0.0862 + 0.3823 + 0.0632 - 0.3033 - 0.0736) = 0.028 \quad (5)$$

$$b_3 = \frac{1}{8} (0.5403 + 0.077 + 0.3695 + 0.0862 - 0.3823 - 0.0632 - 0.3033 - 0.0736) = 0.031 \quad (6)$$

След обработка на данните получения модел добива вида:

$$\Delta G = 0,237 + 0,161p + 0,028\tau + 0,031t \quad (7)$$

Критерии за износоустойчивостта на карбидо-бейнитния чугун е определена чрез бездименсионната величина наречена интензивност на износване, която се изчислява по формулата:

$$I = \frac{G_1 - G_2}{S} = \frac{\Delta G}{S} \quad (8)$$

където:

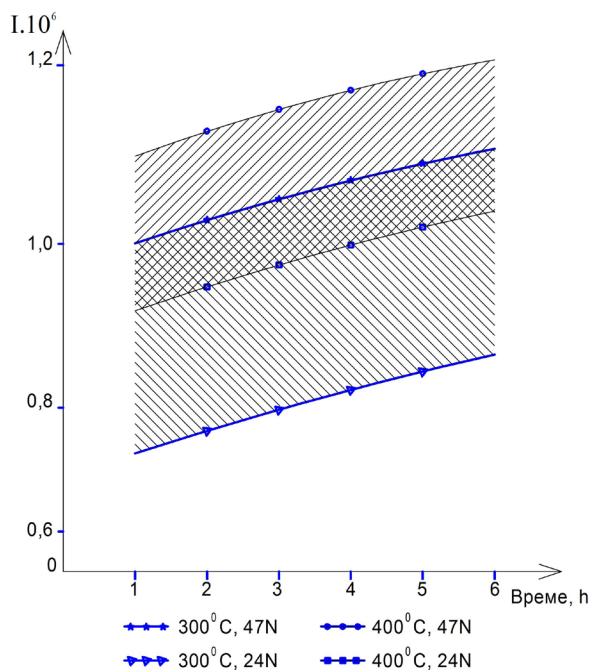
I - интензивност на износване

G_1 - тегло на образца преди изпитване, g;

G_2 - тегло на образца след изпитване, g;

S - пътя на триене, mm/h.

Връзката между интензивността на износване и времето на изпитване, по модела при двете температури на изотермично закаляване 300°C – структура долен бейнит и 400°C – структура горен бейнит са показани на фиг.2.



Фиг. 2. Интензивност на износване

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на проведените експериментални изследвания по износване на изотермично закалени в бейнитната област сферографитни чугуни съдържащи в структурата си определено количество първична карбидна фаза – CADI е установено:

1. Големината на износването се влияе от температурата на изотермично закаляване. С понижаване на температурата износоустойчивостта нараства. При едно и също количество на карбидната фаза, чугуните закалени в температурната област на долния бейнит имат по-висока износоустойчивост.

2. Полученият карбидо-бейнитен сферографитен чугун притежава висока износоустойчивост, това се дължи от една страна на наличието на карбиди – фаза с висока твърдост и от друга на възможността на част от остатъчния аустенит съдържащ се в структурата след изотермично закаляване, да премине в мартензит.

3. Съставен е трифакторен модел за изследване на износоустойчивостта на карбидо-бейнитни чугуни със сфероидален графит, във функция на натоварване, време и температура на изотермично закаляване.

4. С получения модел са построени интервалите за интензивността на износване в двете бейнитни области.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Arron Rimmer. Furnace is the key to CADI Solutions, Foundry Trade Journal. March. 2006, p. 58-59.
- [2] Г. Рашев, И. Ангелов, В. Тодоров. Моделиране и оптимизация на бейнитни чугуни. Трудове на международната конференция AMTECH'09, 12-13 ноември 2009, Пловдив, том 15, 2009, стр. 251-256.
- [3] И. Ангелов, М. Петров. Теория на инженерния експеримент. Габрово 2002, стр.75-90.